

## 8) 예측성 경색 부위별 최적의 심근관류 단층촬영술 시행에 관한 연구

단국대학교의료원 핵의학과<sup>1</sup>, 대전보건대학 방사선과<sup>2</sup>  
송재범<sup>1\*</sup>, 이완규<sup>1</sup>, 서명덕<sup>1</sup>, 장상섭<sup>2</sup>

### A Study on Optimal Myocardium Perfusion SPECT According to Possible Myocardial Infarct Sites

Jae Beom Song<sup>1\*</sup>, Wan Kyu Lee<sup>1</sup>, Myung Duk Shu<sup>1</sup>, Sang Sup Jang<sup>2</sup>  
Dept. of Nuclear Medicine, Dankook University Medical Center<sup>1</sup>  
Dept. of Radiological Technology, Tae Jeon Health College<sup>2</sup>

**목 적 :** 일찍이 테크네슘(technetium) 계열의 방사성 의약품과 탈륨(thallium)의 각기 다른 물리적 특성의 차이를 임상 진단적 차원에서 조명하는, 즉 심장의 기하학적 형상과 주변 장기에 의한 방사선 에너지 감약이라는 문제를 복합적으로 분석하여 보다 효율적인 단층 촬영에서의 감마선 획득 조건을 규명하려는 움직임이 있었으나 그와는 달리 본 연구의 경우는 팬텀 실험 및 임상 실험을 토대로 테크네슘 계열의 방사성 의약품을 이용할 경우에 한하여 심근내 허혈 및 경색 부위에 따른 최적의 감마선 획득 조건과 처리법의 연구 및 고찰에 그 기본 목적을 두었다.

**방 법 :** 본 연구의 기초가 되는 팬텀 실험을 위해 타원의 실린더형 흉부 팬텀(30.5×22×18.6, Data Spectrum's Elliptical Phantom 2230, Data Spectrum Co, Chapel Hill, NC)과 바닥에 고정할 수 있는 좌심실 팬텀(Model 7070, Data Spectrum Co, Chapel Hill, NC)을 사용하였으며, 심근 내의 결손은 심저 및 중간 심첨(mid-apex) 부위에 대하여 각각 전부, 측부, 하부, 중격 등 모두 8곳을 임의 지정하였다. 팬텀 데이터를 위한 감마선 획득 조건은 기본적으로 현재 임상 심근관류 단층촬영에서 적용하고 있는 대로 ① Head: 123, ② Matrix Size: 64×64, ③ Acq. Time: 50sec, ④ Angle: 6°, ⑤ Image Zoom: 1.123으로 하였으며, 위 ③의 항목의 경우 선원의 시간 경과에 따른 방사능 감쇠를 이를 연장하는 방법으로 보정함으로써, 아래의 감마선 획득 유형(a~d)끼리의 총 계수량 차이가 결과 및 분석에 미칠 수 있는 영향을 최소화하였다. 하나의 결손에 대해서는 PRISM3000 시스템으로 가능한 a)비원형 단계적 획득법(Non-Circular Step & Shoot), b)비원형 계속적 획득법(Non-Circular Continuous), c)원형 단계적 획득법(Circular Step & Shoot), d)원형 계속적 획득법(Circular Continuous) 등 4가지의 감마선 획득 방식을 취하였다. 임상 데이터의 경우에는 보편적으로 이용되는 심근관류 단층촬영법인 a)의 방식으로 촬영한 후 유의한 관류 결손이 확인된 환자에 대하여-팬텀 데이터를 토대로 가장 이상적인 감마선 획득 방식으로 연속하여 촬영하였다.

임의 결손들에 대하여 위의 4가지 유형으로 얻어진 각각의 팬텀 및 임상 단층촬영 데이터에 대해서는 공히 아래 ①~④(①Prefiltering-Low Pass Filter-Order 5.0 Cutoff 0.278, ②Transverse reconstruction-Ramp Filter, ③Off Center Zoom-64×64-12.7Zoom, ④Cardiac Oblique reconstruction)의 조건 및 팩토리 프로그램을 적용하여 처리하였으며, 이중 단축 단면상만을 분석 자료로서 활용하였다. 위 ②번째 단계의 경우 360° 구성법과 180° 구성법을 다르게 적용하였으며, 이때 각각의 단면상의 두께는 1.98mm가 된다. 평가는 ①결손 부위에 대한 대조도(Contrast)와 ②비결손부위의 균일도(Uniformity)를 기준으로 하였다. ①의 경우는 최대값과 표준편차로서 나타냈으며, ②의 경우는 변이 계수(C.V)의 평균값으로 나타내었다.

## Abstract

**Purpose** : Physical properties of radiopharmaceuticals of technetium(<sup>99m</sup>Tc) and thallium(<sup>201</sup>Tl) have early been used for clinical diagnostics. The studies of those radiopharmaceuticals have been contributed to the efficient tomography by solving the problem such as the geometrical shape of heart and radiation energy attenuation by surroundings of heart. It is progressed to reveal the best conditions of acquisition of gamma ray for the efficient tomography, While the purpose of this study was to determine the optimal condition of acquisition of gamma ray using pharmaceuticals of technetium according to myocardial infarct and ischemic sites based on phantom and clinical experiments.

**Objects and methods** : Cylindrical chest phantom (30.5×22×18.6, Data Spectrum's Elliptical Phantom 2230, Data Spectrum Co, Chapel Hill, NC) and left ventricular phantom (Model 7070, Data Spectrum Co, Chapel Hill, NC) were used. Myocardial infarct defect was determined from 8 sites in anterior, lateral, inferior, and septum of basal and mid-apex. The condition of acquisition of gamma ray for phantom data was followed from the principles of myocardium perfusion computed tomography such as ①Head: 123 ②Matrix Size: 64×64 ③Acq. Time: 50sec ④Angle: 6° ⑤Image Zoom: 1.123. The discrepancies of total counts among ①~⑤ due to radioactive decaying of source were minimal to influence the results by delaying time to determine the acquisition time. A defect site used the four different acquisition of gamma ray using PRISM 3000 system such as ①Non-Circular Step & Shoot ②Non-Circular Continuous ③Circular Step & Shoot ④Circular Continuous. After photographing by commonly used myocardium perfusion computed tomography method, ①, in clinical setting, a patient with perfusion defect continuously took photograph in a the ideal gamma acquisition method based on phantom data.

The phantom and clinical myocardium perfusion computed tomography data of a defect was applied to and analyzed with the factory programs and the conditions such as ①Prefiltering-Low Pass Filter-Order 5.0 Cutoff 0.278 ②Transverse Reconstruction-Ramp Filter ③Off Center Zoom-64×64-12.7Zoom ④Cardiac Oblique Reconstruction. The short-axis results among the data were used for analysis. ② stage was composed of 360° reconstruction method and 180° reconstruction method, and slice thickness was 1.98mm. The results were evaluated with the contrast of the defect site and the uniformity of the non-defect site. The data for the contrast was shown in mean and standard deviation. The data for the uniformity was given in average of coefficient variations.

**Results** : In contrast 180° reconstruction method (0.32-23.32%) was the best in all defects except that 360° reconstruction method (3.02%) showed the best result in mid-apex lateral defect. Non-circular acquisition (0.32-23.32) gave the best result in all defect except that circular acquisition (2.45%) was best in mid-apex lateral defect. Continuous acquisition (0.03~2.53%) showed good results in basal lateral, inferior, septal defects and mid-apex septal defect. In the other defects, step and shoot acquisition(1.04~4.97%) gave the good results. In uniformity 360° reconstruction method(2.23~9.67%) was the best in all defects. Non-circular acquisition(0.18~0.89%) showed the best results in basal lateral, mid-apex lateral and inferior defects and the other defects gave the good results in circular acquisition(0.22~1.84%). Furthermore, step and shoot acquisition(0.21~2.09%) showed good results in basal anterior, inferior and mid-apex anterior, inferior and continuous acquisition(0.20~1.79%) was good in the other defects.

**Conclusion** : This study gave the integrated solution of myocardium perfusion computed tomography, which reported different results due to difficulties to access. It would help to improve the diagnostic sensitivity and manage the diagnostic laboratory efficiently.

## I. 서 론

최근 들어 산업 사회의 고도화 및 인구의 노령화에 따른 각종 심혈관 질환이 급증하고 있으며, 이는 곧바로 새로운 의료 수요 및 공급 방식을 파생하는 원인이 되고 있다. 핵의학 분야는 기타의 다른 분야와 마찬가지로 이의 진단 및 치료에 효율적으로 대처하고자 노력하고 있으며, 이는 핵의학 영상 장치의 눈부신 발전과 새로운 방사성 의약품의 개발에 힘입어 그 가능성을 더해 주고 있다.

오늘날 관상동맥의 허혈과 경색 등의 진단 목적으로 사용하고 있는 방사성 의약품은 크게 테크네슘 계열과 탈륨 두 가지로 구분된다. 그 중에서 테크네슘 계열이라 하면 상품명으로 'cardiolite'나 'myoview' 등의 표지자를 과산화테크네슘과 표지하여 환자에게 투여하는 부류를 일컫는다.

일찍이 테크네슘 계열의 방사성 의약품과 탈륨의 각기 다른 물리적 특성의 차이를 임상 진단적 차원에서 조명하는, 즉 심장의 기하학적 형상과 주변 장기에 의한 방사선 에너지 감약이라는 문제를 복합적으로 분석하여 보다 효율적인 단층 촬영(SPECT)에서의 감마선 획득 조건을 규명하려는 움직임이 있었다.<sup>1)</sup>

이와는 달리 본 검사실의 경우는 종전의 방사성 핵종에 따른 물리적인 특성 차이를 심장의 체내 기하학적인 구조와 연계하여 합리적인 감마선 획득 조건을 설정하려는 범주에서 벗어나 팬텀 실험 및 임상 실험을 토대로 테크네슘 계열의 방사성 의약품을 이용할 경우에 한하여 심근내 허혈 및 경색 부위에 따른 최적의 감마선 획득 조건 및 처리법의 연구에 그 기본 목적을 두었다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 팬텀 제작 및 결손의 지정

본 연구의 기초가 되는 팬텀 실험을 위해서 타원의 실린더형 흉부 팬텀(30.5×22×18.6, Data Spectrum's Elliptical Phantom 2230, Data Spectrum Corporation, Chapel Hill, NC)과 그 내부 바닥에 고정시킬 수 있는 좌심실 팬텀(Model 7070, Data Spectrum Corporation, Chapel Hill, NC)을 사용하였다.

좌심실 팬텀의 내강(intra-cavity)은 용적이 90ml로 그 내부는 비방사성 용액으로 채웠으며, 심근의 비방사능은  $524 \pm 15.61 \mu\text{Ci}/110\text{ml}$ 를 유지하도록 하여 흉부 팬텀에 고정하였다. 그리고 그 이외의 흉부팬텀 내부는  $12.04\text{mCi} \pm 0.11\text{mCi}/9000\text{ml}$ 의 비방사능 유지하도록 하되 이는 임상 검사에서 방사성 의약품으로서 'sestamibi'를 투여했을 당시의 심근과 폐의 비방사능 비와 대체적으로 일치하는 양이다. 이 모두에 있어서 사용한 방사성 핵종은 과산화테크네슘( $99\text{mTcO}_4^-$ )으로 인위적인 통계 오차를 감소시키기 위하여 충분히 혼합하였다.

심근내의 결손은 심저(base) 및 중간 심첨(mid-apex) 부위에 대하여 각각 전부, 측부, 하부, 중격 등 모두 8 곳을 임의 지정하였다.

### 2. 결정적 심근 경색이 있는 환자의 선정

팬텀 실험 결과의 임상 적용의 타당성을 고찰하기 위한 방법으로 심저의 전벽 결손이 있는 환자 1명과 측벽 결손이 있는 환자 2명, 하벽 결손이 있는 환자 4명, 중격 결손이 있는 환자 1명과 중간 심첨 전벽 결손이 있는 환자 2명 등 총 10명의 데이터를 평가 대상으로 삼았다.

1) 白川 誠士 등 : 3 Detector형 SPECT 장치에 의한 심근 SPECT 수집방법의 비교검토, 核醫學技術, Vol.15, No.1, 1995

### 3. 데이터 수집

본 연구를 위한 감마 카메라는 삼중 검출기 SPECT시스템(PRISM3000, Picker, USA)으로 각각의 검출기에는 고 분해능 저 에너지 평행 다공형 (LEHR-PAR) 콜리메타를 장착하였다.

팬텀 데이터를 위한 감마선 획득 조건은 기본적으로 현재 임상 심근 관류 단층 촬영에서 적용하고 있는 바대로 ①Head: 123 ②Matrix Size: 64×64 ③ Acq. Time: 50sec ④Angle: 6° ⑤Image Zoom: 1.123으로 하였으며, 위 ③의 항목의 경우 선원의 시간 경과에 따른 방사능 감쇠를 이를 연장하는 방법으로 보정함으로써, 아래의 감마선 획득 유형(㉠~㉤)끼리의 총 계수량 차가 결과 및 분석에 미칠 수 있는 영향을 최소화하였다.

하나의 결손 부위에 대하여 PRISM3000 시스템으로 동작이 가능한 ㉠Non-Circular Step & Shoot ㉡Non-Circular Continuous ㉢Circular Step & Shoot ㉣Circular Continuous 등 4가지의 감마선 획득 방식을 취하였다.

임상 실험의 경우에는 이 보다는 단순한 방법으로, 먼저 기존의 심근 관류 단층 촬영법인 ㉠의 방식으로 촬영한 결과-유익한 관류 결손이 확인된 환자-에 대하여 팬텀 실험을 토대로 가장 이상적인 감마선 획득 방식으로 연속하여 촬영하였다.

### 4. SPECT 데이터의 처리

특정 부위의 임의 결손들에 대하여 위의 4가지 유형으로 얻어진 각각의 팬텀 및 임상 단층촬영 데이터에 대해서는 공히 아래 ①~④(①Prefiltering-Low Pass Filter-Order 5.0 Cutoff 0.278 ②Transverse reconstruction-Ramp Filter ③Off Center Zoom-64×64-12.7Zoom ④Cardiac Oblique reconstruction)의 조건 및 팩토리 프로그램(Factory Program)을 순차적으로 적용하여 처리하였으며, 이중 단축 단면(Short Axis Slice)상만을 취하여 분석 자

료로서 활용하였다. 위 ③번째 단계의 경우 360° 구성법과 180° 구성법을 다르게 적용하였으며, 이 모두의 경우 각각의 단면상의 두께는 1.98mm가 된다.

### 5. 데이터 분석

위의 처리 과정을 통하여 얻어진 각각의 감마선 획득 유형별 단축 단면상에서 ① 임의 설정한 특정의 결손이 육안으로 뚜렷하게 보이는 9개의 단면상을-가장 잘 보이는 단면상을 사이에 두고 각각 4개씩-선택하고 ② 다음으로는 전혀 결손이 나타나지 않는 3개의 단면상을 선택하였다.

이후 팩토리 프로그램(Factory Program)인 직사각형 계수 박스(Counting Rectangular Box)를 이용하여 아래의 표 II.5.1과 같이 별도로 설정한 결손 영역과 주변 영역에서의 계수를 하게 되는데, 이때 박스의 크기는 결손의 실제 크기와 동일하게 심저 부위의 경우 5×12 화소(pixel)로, 중간 심첨 부위의 경우 5×9 화소로 하여 시행하였다.

평가 및 해석을 위한 지표로서는 ① 결손 부위에 대한 대조도(Contrast)와 ② 비결손 부위의 균일도(Uniformity)를 사용하였다. ①의 경우는 앞서 설명한 바대로 9개의 각 단축 단면상에 대한 각각의 대조도를 구하여 이중 최대값과 이들에 대한 표준편차로서 나타내었으며, ②의 경우는 3개의 각 단축 단면상에 대한 각각의 변이 계수(C.V)를 구하여 이의 평균값으로 나타내었다.

대조도 및 균일도를 구하는 식은, 가령 결손 부위가 심저 전벽일 경우를 예로 들면(표. II.5.1의 예:†) 아래와 같다

① 심저 전벽 결손 부위에 대한 대조도

$$\text{Contrast} = \frac{(\text{AVE} - \text{결손부위 ROI 계수값})}{\text{AVE}} \times 100 (\%)$$

$$\text{AVE(Average)} = \frac{(\text{Lat 계수값} + \text{Sep 계수값})}{2}$$

② 심저 전벽 결손 부위에 대한 균일도

3개의 비결손 단축 단면상에 대한 Lat, Inf, Sep 계수값의 변이 계수값들에 대한 평균

표 II.5.1. 대조도 및 균일도 산출을 위한 계수 영역설정

Defect	Non-defect	Contrast		Uniformity		
		Region 1	Region 2	Region 1	Region 2	Region 3
Base	Anterior†	Lat	Sep	Lat	Inf	Sep
	Lateral	Ant	Inf	Inf	Sep	Ant
	Inferior	Lat	Sep	Sep	Ant	Lat
	Septum	Ant	Inf	Ant	Lat	Inf
Mid-Apex	Anterior	Lat	Sep	Lat	Inf	Sep
	Lateral	Ant	Inf	Inf	Sep	Ant
	Inferior	Lat	Sep	Sep	Ant	Lat
	Septum	Ant	Inf	Ant	Lat	Inf

(Ant:Anterior, Lat:Lateral, Inf:Inferior, Sep:Septum, †:Example)

### 6. 통계적 분석

결손 부위에 대한 대조도는 최대값±표준편차(MAX ±STDEV)로, 비결손 부위에 대한 균일도는 변이 계수(C.V)의 평균값으로 상대적인 평가를 시행하였다.

## III. 결 과

### 1. 팬텀 실험

임의로 설정한 결손 부위에 대하여 각각의 감마선 획득 및 재구성 방법별로 대조도 및 균일도를 산출하여 앞서 설명한 표시법에 따라 표 및 그래프 그리고 데이터베이스(database)로서 'CEDARS', 'MALE'을 적용하여 별도로 재구성한 장중축 단면상(Vertical Long Axis Slice)으로부터의 PTQ로 정리하면 아래와 같다.

표 III.1.1.1과 그림 III.1.1.1에서의 대조도의 경우 ① I < II, ② A > B, ③ ③ > ⑥ 을 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 정반대로 ① I > II, ② A < B, ③ ③ > ⑥ 임을 알 수 있다.

표III.1.1.1 Contrast and Uniformity of Basal Anterior Wall Defect (rec:reconstruction)

Defect	Non-defect	Reconstruction	Contrast	Uniformity	Contrast	Uniformity	Contrast	Uniformity
			(MAX ±SD)	(C.V)	(MAX ±SD)	(C.V)	(MAX ±SD)	(C.V)
I 360° rec	A Non-Circular	① Step & Shoot	50.78 ±5.86	17.81	51.04 ±5.69	18.90	48.92 ±5.60	18.33
		② Continuous	51.29 ±5.52	19.98				
		③ Step & Shoot	47.08 ±5.49	16.41	46.79 ±5.51	17.76		
	B Circular	④ Step & Shoot	46.49 ±5.53	19.11				
		⑤ Continuous						
		⑥ Continuous						
II 180° rec	A Non-Circular	① Step & Shoot	74.68 ±6.89	24.77	74.19 ±6.85	26.02	72.24 ±6.75	25.45
		② Continuous	73.70 ±6.80	27.27				
		③ Step & Shoot	71.34 ±6.65	24.37	70.2 ±6.64	24.87		
	B Circular	④ Step & Shoot	69.24 ±6.63	25.36				
		⑤ Continuous						
		⑥ Continuous						

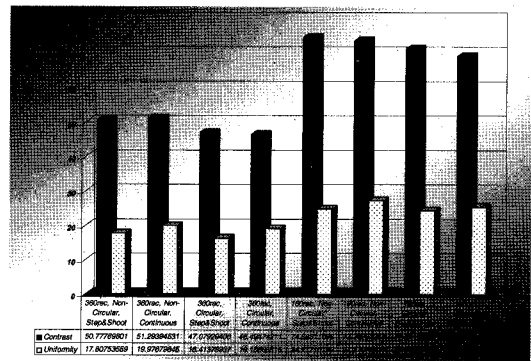


그림 III.1.1.1 Contrast and Uniformity of Basal Anterior Wall Defect

이러한 결과는 그림 III.1.1.2의 PTQ를 통해서도 확인할 수 있는 것으로 360° 구성과 180° 구성간에 큰 차이가 있다.

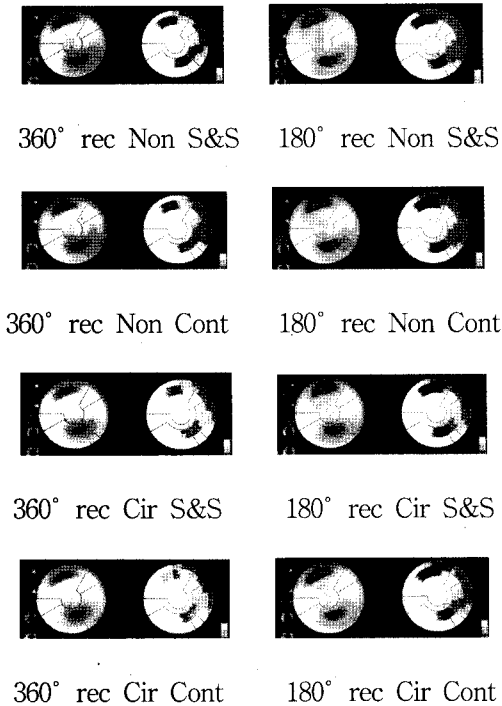


그림 III.1.1.2 PTQ's of Basal Anterior Wall Defect

## 2) 심저 측벽 결손 (Basal Lateral Wall Defect)

표 III.1.2.1과 그림 III.1.2.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ② A > B, ③ a < b 을 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ② A > B, ③ A의 경우 a < b, B의 경우 a > b 임을 알 수 있다.

이러한 결과는 그림 III.1.1.2의 PTQ를 통해서도 확인할 수 있는 것으로 360° 구성과 180° 구성간에 눈에 띄는 차이는 없다.

표 III.1.2.1 Contrast and Uniformity of Basal Lateral Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)			
I 360° rec	A Non-Circular	㉑ Step & Shoot	40.60 ± 5.12	11.05	41.19 ± 4.85	10.53	40.08 ± 4.47	10.62			
		㉒ Continuous	41.78 ± 4.58	10.00							
	B Circular	㉑ Step & Shoot	38.46 ± 4.22	10.26	38.97 ± 4.08	10.71					
		㉒ Continuous	39.48 ± 3.93	11.16							
	II 180° rec	A Non-Circular	㉑			44.3 ± 5.60			13.55	43.66 ± 5.60	13.70
			㉒ Continuous	44.39 ± 5.31	13.23						
B Circular		㉑			43.02 ± 5.59	13.84					
		㉒ Continuous	43.64 ± 5.79	14.65							

(rec:reconstruction)

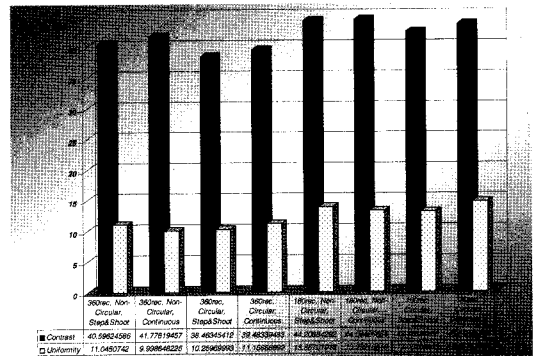


그림 III.1.2.1 Contrast and Uniformity of Basal Lateral Wall Defect

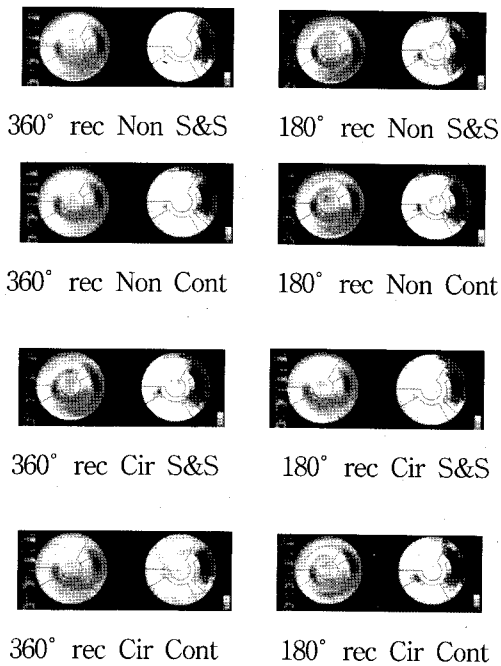


그림 III.1.2.2 PTQ's of Basal Lateral Wall Defect

3) 심저 하벽 결손(Basal Inferior Wall Defect)

표 III.1.3.1 Contrast and Uniformity of Basal Inferior Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)
I 360 rec	A Non-Circular	㉠Step & Shoot	54.12±7.22	2.29	53.4±6.78	2.35	51.77±6.65	2.28
		㉡Continuous	52.68±6.33	2.40				
	B Circular	㉠Step & Shoot	49.21±4.81	1.97	50.14±6.51	2.21		
		㉡Continuous	51.06±8.21	2.45				

II 180 rec	A Non-Circular	㉠Step & Shoot	63.03±7.42	6.78	62.99±7.11	6.41	60.37±6.53	5.39
		㉡Continuous	62.94±6.79	6.04				
	B Circular	㉠Step & Shoot	57.84±4.90	4.68	57.74±5.95	4.37		
		㉡Continuous	57.63±6.99	4.05				

(rec:reconstruction)

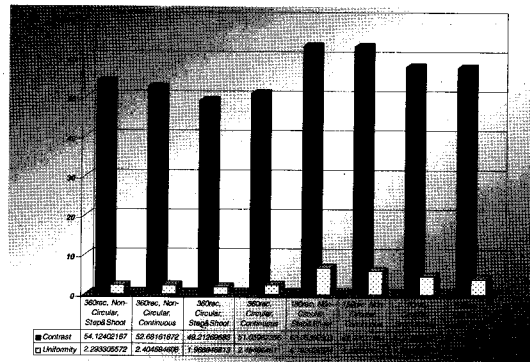


그림 III.1.3.1 Contrast and Uniformity of Basal Inferior Wall Defect

표 III.1.3.1과 그림 III.1.3.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ② A > B, ③ A의 경우 a > b, B의 경우 I에서는 a < b, II에서는 a > b를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ② A < B, ③ A, B 두 경우 모두 I에서는 a > b, II에서는 a < b를 나타낸다. 180°로 구성하였을 때 대조도가 향상된다는 사실을 그림 III.1.3.2의 각각의 PTQ를 통해서도 확인할 수 있다.



360° rec Non S&S      180° rec Non S&S

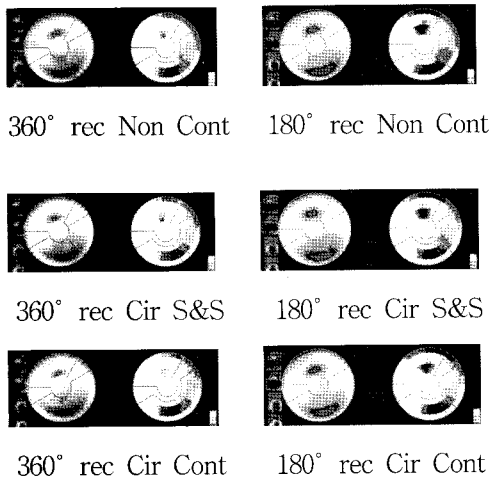


그림 III.1.3.2 PTQ's of Basal Inferior Wall Defect

4) 심저 중격 결손(Basal Septal Wall Defect)

표 III.1.4.1 Contrast and Uniformity of Basal Septal Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	
I 360° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	46.54 ± 5.76	13.56	45.3 ± 5.39	12.57	43.65 ± 5.03	11.98	
		㉒Continuous	44.06 ± 5.02	11.58					
		B Circular	㉑Step & Shoot	41.86 ± 4.84	12.57	42 ± 4.66			11.39
	㉒Continuous		42.14 ± 4.47	10.21					
	II 180° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	53.06 ± 7.06	19.04	52.51 ± 6.93			18.94
㉒Continuous			51.96 ± 6.80	18.83					
B Circular			㉑Step & Shoot	47.14 ± 6.07	17.34	48.89 ± 6.20	16.45		
		㉒Continuous	50.64 ± 6.32	15.55					

(rec:reconstruction)

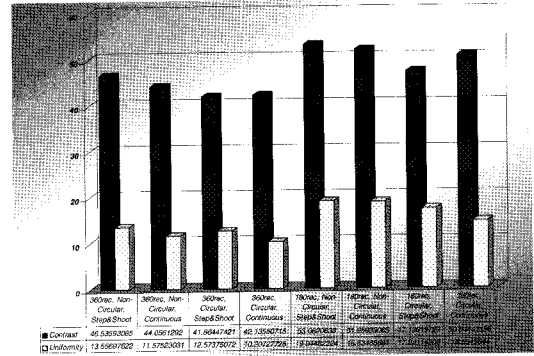


그림 III.1.4.1 Contrast and Uniformity of Basal Septal Wall Defect

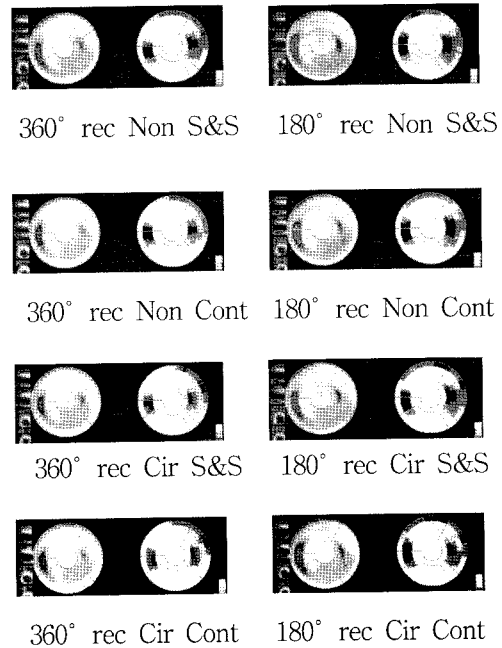


그림 III.1.4.2 PTQ's of Basal Septal Wall Defect

표 III.1.4.1과 그림 III.1.4.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ②A > B, ③A의 경우 ㉑ > ㉒, B의 경우 ㉑ < ㉒를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ②A < B, ③㉑ < ㉒를 나타낸다.



또한 그림 III.1.4.2의 각각의 PTQ는 360° 구성법 보다는 180° 구성법의 성적이 눈에 띄게 우수하다는 것을 나타내고 있다.

5) 중간 심첨 전벽 결손(Mid-Apex Anterior Wall Defect)

표 III.1.5.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Anterior Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)			
I 360° rec	A Non-Circular	㉔Step & Shoot	42.21 ± 6.05	14.73	40.1 ± 6.11	14.47	37.3 ± 5.77	13.85			
		㉕Continuous	37.99 ± 6.17	14.21							
		B Circular	㉔Step & Shoot	36.98 ± 5.39	13.92	34.5 ± 5.43			13.22		
	㉕Continuous		32.01 ± 5.46	12.51							
	II 180° rec		A Non-Circular	㉔Step & Shoot	63.45 ± 6.83	19.13			61.43 ± 6.73	18.00	58.52 ± 6.51
		㉕Continuous		59.40 ± 6.62	16.86						
B Circular		㉔Step & Shoot		58.57 ± 6.44	16.87	55.61 ± 6.28	16.23				
		㉕Continuous	52.64 ± 6.11	15.59							

(rec:reconstruction)

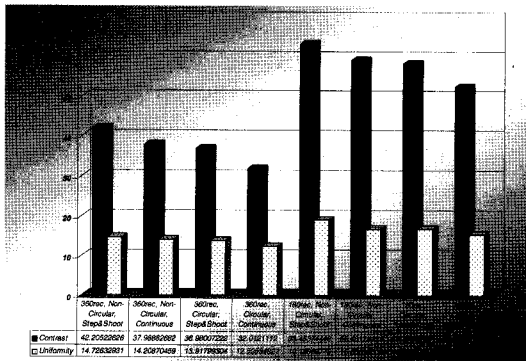


그림 III.1.5.1 Contrast and Uniformity of

Mid-Apex Anterior Wall Defect

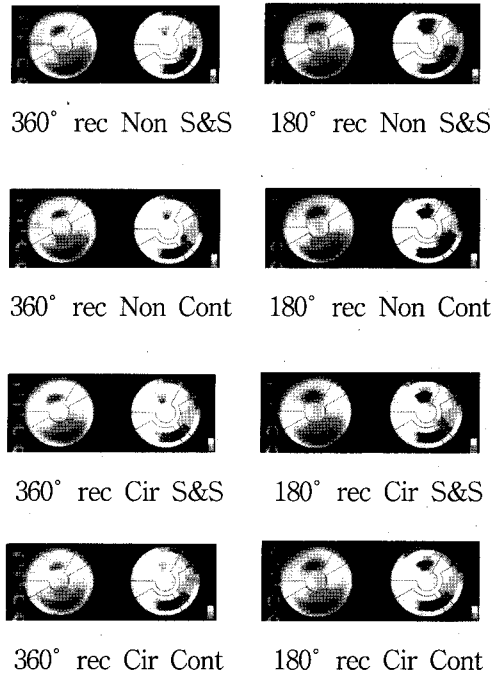


그림 III.1.5.2 PTQ's of Mid-Apex Anterior Wall Defect

표 III.1.5.1과 그림 III.1.5.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ② A > B, ③ ㉔ > ㉕를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 정반대로 ① I > II, ② A < B, ③ ㉔ < ㉕를 나타낸다. 또한 그림 III.1.5.2의 각각의 PTQ에서 볼 수 있는 사실로서 360° 구성과 180° 구성간의 큰 차이를 확인할 수 있다.

6) 중간 심첨 측벽 결손(Mid-Apex Lateral Wall Defect)

표 III.1.6.1과 그림 III.1.6.1에서 대조도의 경우 ① I > II, ② A < B, ③ A의 경우 I에서는 ㉔ < ㉕, II에서는 ㉔ > ㉕, B의 경우 ㉔ > ㉕를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ② I에서는 A > B, II에서는 A < B ③ ㉔ < ㉕를 나타낸다.

표 III.1.6.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Lateral Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)
I 360° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	27.82 ±4.11	11.87	28.23 ±4.37	11.74	29.19 ±4.58	12.22
		㉒Continuous	28.63 ±4.63	11.60				
	B Circular	㉑Step & Shoot	31.53 ±5.36	13.05	30.15 ±4.79	12.70		
		㉒Continuous	28.76 ±4.22	12.34				
II 180° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	24.72 ±5.67	15.51	24.68 ±6.00	14.48	26.17 ±5.98	14.45
		㉒Continuous	24.63 ±6.33	13.44				
	B Circular	㉑Step & Shoot	28.68 ±6.86	15.49	27.65 ±5.96	14.41		
		㉒Continuous	26.61 ±5.05	13.32				

(rec:reconstruction)

그러나 그림 III.1.6.2의 각각의 PTQ에서는 앞서의 결과와는 반대로 180° 로 재구성한 결과가 우수한 것으로 나타나는데, PTQ로의 전환과 표시 과정에 대한 재학습 그리고 대조도 결과와 PTQ 결과의 불일치를 유발할 수 있는 인자에 대한 탐구 및 연구가 필요한 대목이라고 사료가 된다. 아 물론 PTQ상에서는 '180° rec non-circular step& -shoot'이 그 중 우수한 것으로 보인다.

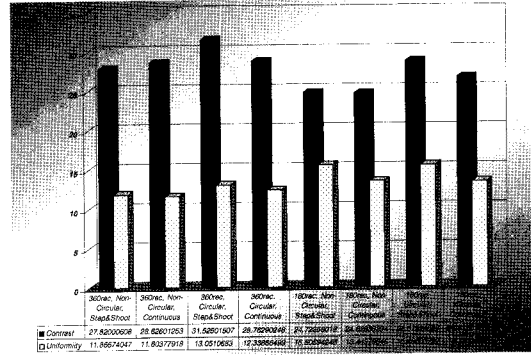


그림 III.1.6.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Lateral Wall Defect



360° rec Non S&S



180° rec Non S&S



360° rec Non Cont



180° rec Non Cont



360° rec Cir S&S



180° rec Cir S&S



360° rec Cir Cont



180° rec Cir Cont

그림 III.1.6.2 PTQ's of Mid-Apex Lateral Wall Defect

### 7) 중간 심첨 하벽 결손(Mid-Apex Inferior Wall Defect)

표 III.1.7.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Inferior Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)					
I 360° rec	A Non-Circular	㉠Step & Shoot	49.72 ± 4.60	0.35	48.8 ± 4.25	1.51	47.07 ± 4.10	1.88							
		㉡Continuous	47.87 ± 3.90	2.67											
	B Circular	㉠Step & Shoot	46.66 ± 4.93	3.71	45.33 ± 3.95	2.24									
		㉡Continuous	43.99 ± 2.95	0.77											
	II 180° rec	A Non-Circular	㉠Step & Shoot	69.01 ± 4.05	12.50	64.09 ± 4.15					11.75	59.02 ± 4.23	11.57		
			㉡Continuous	59.17 ± 4.24	11.00										
B Circular		㉠Step & Shoot	55.58 ± 5.01	11.91	53.94 ± 4.30	11.38									
		㉡Continuous	52.3 ± 0.59	10.84											

(rec:reconstruction)

표 III.1.7.1과 그림 III.1.7.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ② A > B, ③ I에서는 ㉠ > ㉡, II의 경우 A에서는 ㉠ < ㉡, B에서는 ㉠ > ㉡를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ② I에서는 A > B, II에서는 A < B ③ I의 경우 A에서는 ㉠ > ㉡, B에서는 ㉠ < ㉡, II에서는 ㉠ < ㉡를 나타낸다. 그림 III.1.7.2의 각 PTQ에서도 360° 구성과 180° 구성간에 큰 차이가 있음을 쉽게 알 수 있다.

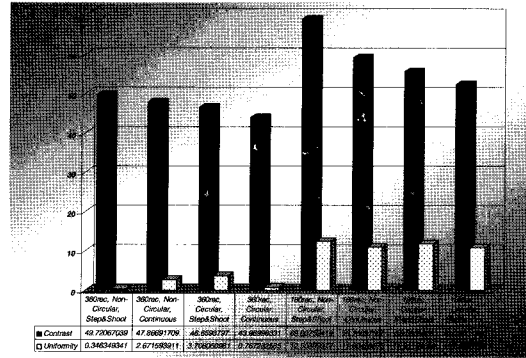


그림 III.1.7.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Inferior Wall Defect

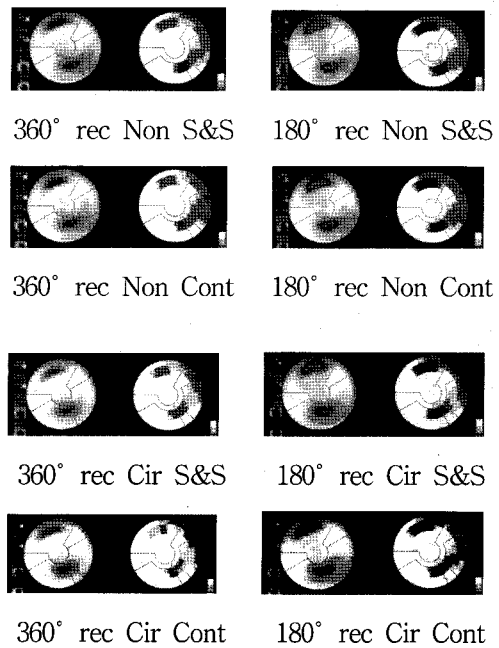


그림 III.1.7.2 PTQ's of Mid-Apex Inferior Wall Defect

### 8) 중간 심첨 중격 결손(Mid-Apex Septal Wall Defect)

표 III.1.8.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Septal Wall Defect

			Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)	Contrast (MAX ±SD)	Uniformity (C.V)
I 360° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	27.50 ±4.78	13.61	28.96 ±5.05	13.09	28.8 ±4.94	13.19
		㉒Continuous	30.41 ±5.31	12.57				
		㉓Step & Shoot	28.23 ±4.62	13.84				
	B Circular	㉔Continuous	29.04 ±5.01	12.72	28.64 ±4.82	13.28		
		㉕Step & Shoot	26.82 ±7.51	18.67				
		㉖Continuous	31.42 ±7.65	17.19				
II 180° rec	A Non-Circular	㉑Step & Shoot	28.21 ±5.98	19.06	29.11 ±6.51	17.30	29.12 ±7.05	17.62
		㉒Continuous	30.01 ±7.04	15.54				
		㉓Step & Shoot	26.82 ±7.51	18.67				
	B Circular	㉔Continuous	31.42 ±7.65	17.19	29.12 ±7.05	17.30		
		㉕Step & Shoot	28.21 ±5.98	19.06				
		㉖Continuous	30.01 ±7.04	15.54				

(rec:reconstruction)

표 III.1.8.1과 그림 III.1.8.1에서 대조도의 경우 ① I < II, ②A > B, ③㉑ < ㉒를 나타내며, 균일도의 경우에는 대조도와는 달리 ① I > II, ② I에서는 A > B, II에서는 A < B ③㉑ < ㉒를 나타낸다. 그림 III.1.8.2의 각 PTQ에서는 360° 구성과 180° 구성 간의 현격한 차이는 확인할 수 없으나, 180° 재구성 방식에서 그나마 결손을 확인할 수가 있다.

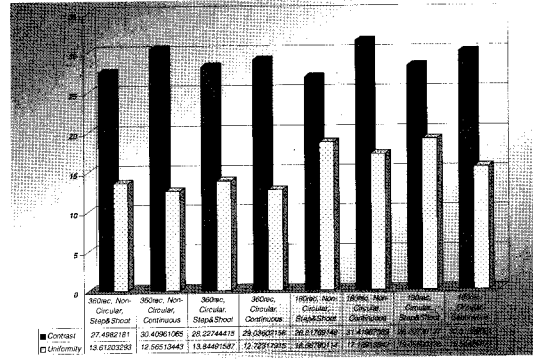


그림 III.1.8.1 Contrast and Uniformity of Mid-Apex Septal Wall Defect



360° rec Non S&S



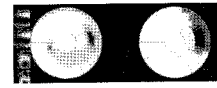
180° rec Non S&S



360° rec Non Cont



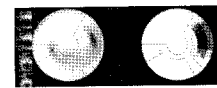
180° rec Non Cont



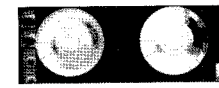
360° rec Cir S&S



180° rec Cir S&S



360° rec Cir Cont



180° rec Cir Cont

그림 III.1.8.2 PTQ's of Mid-Apex Septal Wall Defect

## 2. 임상 실험

### 1) 심저 전벽 결손이 있는 환자

#### ① 사례 1

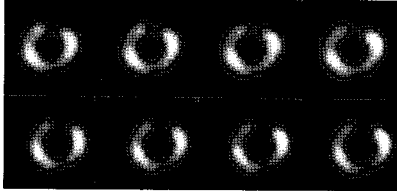


그림 III.2.1.1 Short-Axis Images of patient 1 with Basal Anterior Wall Defect

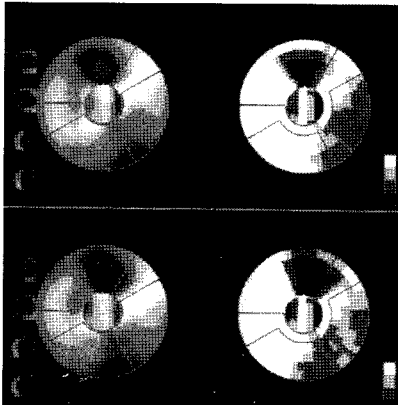


그림 III.2.1.2 PTQ's of Patient 1 with Basal Anterior Wall Defect

그림 III.2.1.1과 그림 III.2.1.2는 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로 동일한 방법으로 수집한 데이터에 대하여 180°로 재구성한 결과 심근 영상과 PTQ에서 공히 성적이 향상될 수 있음을 보여주고 있다.

### 2) 심저 측벽 결손이 있는 환자

#### ① 사례 1

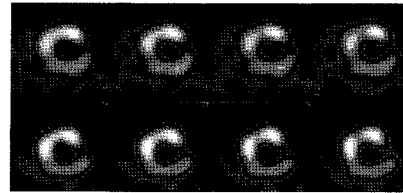


그림 III.2.2.1 Short-Axis Images of Patient 1 with Basal Lateral Wall Defect

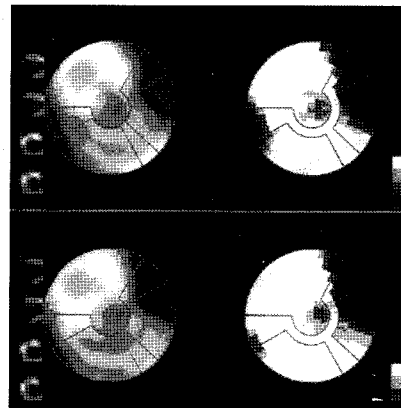


그림 III.2.2.2 PTQ's of Patient 1 with Basal Lateral Wall Defect

그림 III.2.2.1과 그림 III.2.2.2는 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non-circular continuous'를 서로 비교해 놓은 것으로 심저 측벽 결손이 있는 환자의 경우 '180° rec non-circular continuous'로 수집과 처리를 함으로서 어느 정도까지는 향상된 성적을 기대할 수 있음을 나타내고 있다.

② 사례 2

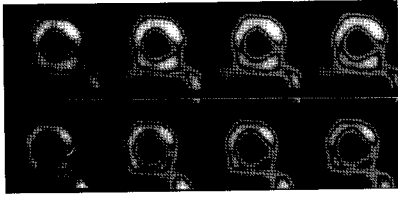


그림 III.2.2.3 Short-Axis Images of Patient 2 with Basal Lateral Wall Defect

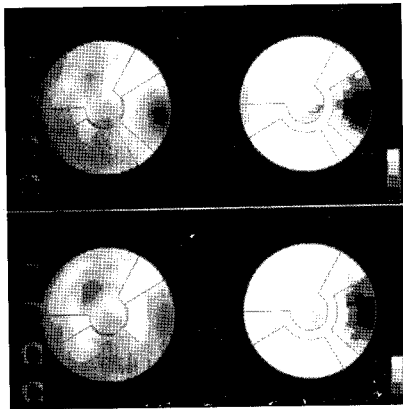


그림 III.2.2.4 PTQ's of Patient 2 with Basal Lateral Wall Defect

그림 III.2.2.3과 그림 III.2.2.4는 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non-circular continuous'를 서로 비교해 놓은 것으로, 총 10가지 임상 사례 중에서 유독 1차 시행과 2차 시행간의 성적 차이가 없거나, 오히려 약간 저하된 느낌을 준 결과라고 할 수 있다.

3) 심저 하벽 결손이 있는 환자

① 사례 1

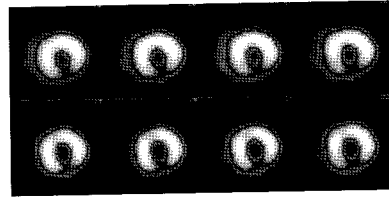


그림 III.2.3.1 Short-Axis Images of Patient 1 with Basal Inferior Wall Defect

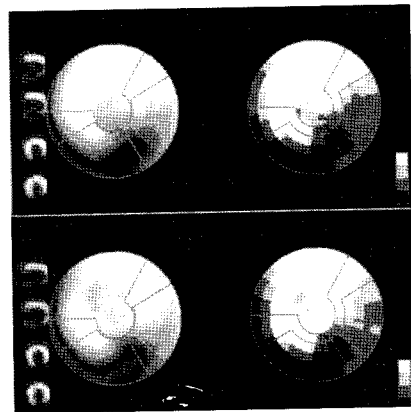


그림 III.2.3.2 PTQ's of Patient 1 with Basal Inferior Wall Defect

그림 III.2.3.1과 그림 III.2.3.2는 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 성적 향상을 꾀할 수 있음을 보여주고 있다.

② 사례 2

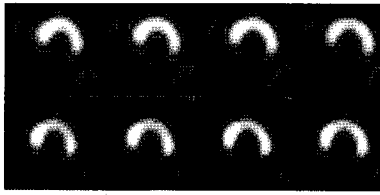


그림 III.2.3.3 Short-Axis Images of Patient 2 with Basal Inferior Wall Defect

그림 III.2.3.3과 그림 III.2.3.4는 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 뚜렷하게 성적이 향상되고 있음을 알 수 있다.

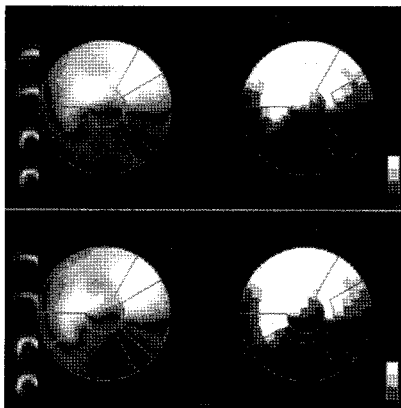


그림 III.2.3.4 PTQ's of Patient 2 with Basal Inferior Wall Defect

③ 사례 3

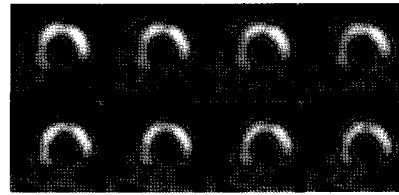


그림 III.2.3.5 Short-Axis Images of Patient 3 with Basal Inferior Wall Defect

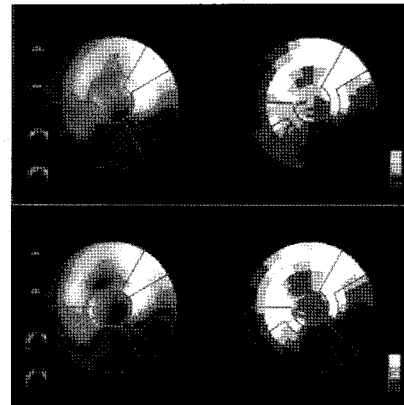


그림 III.2.3.6 PTQ's of Patient 3 with Basal Inferior Wall Defect

그림 III.2.3.5와 그림 III.2.3.6은 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step& -shoot'과 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 마찬가지로 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 뚜렷하게 성적이 향상되고 있음을 볼 수 있다.

④ 사례 4

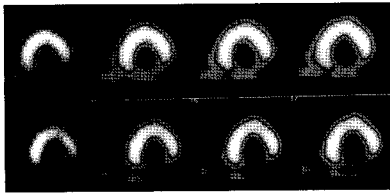


그림 III.2.3.7 Short-Axis Images of Patient 4 with Basal Inferior Wall Defect

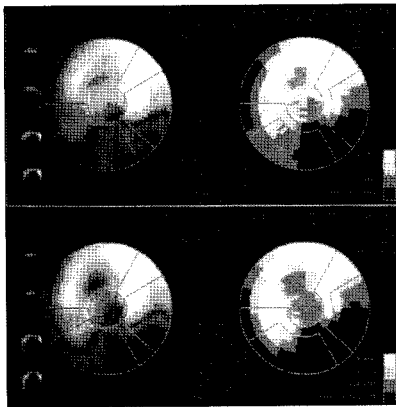


그림 III.2.3.8 PTQ's of Patient 4 with Basal Inferior Wall Defect

그림 III.2.3.7과 그림 III.2.3.8은 현재 임상에서 보편적으로 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step&shoot'과 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 마찬가지로 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 뚜렷한 성적 향상을 기대할 수가 있다.

4) 심저 중격 결손이 있는 환자

① 사례 1

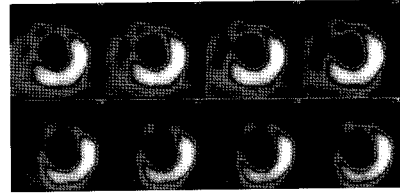


그림 III.2.4.1 Short-Axis Images of Patient 1 with Basal Septal Wall Defect

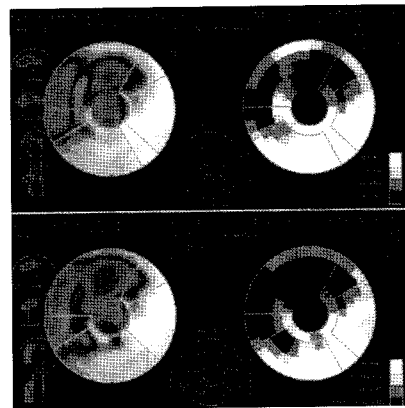


그림 III.2.4.2 PTQ's of Patient 1 with Basal Septal Wall Defect

그림 III.2.4.1과 그림 III.2.4.2는 현재 임상에서 가장 널리 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step&shoot'과 팬텀실험 결과에 따른 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 결손의 관찰이 보다 용이하다는 것을 보여주고 있다.



5) 중간 심첨 전벽 결손이 있는 환자

① 사례 1

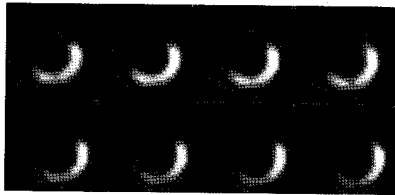


그림 III.2.5.1 Short-Axis Images of Patient 1 with Mid-Apex Anterior Wall Defect

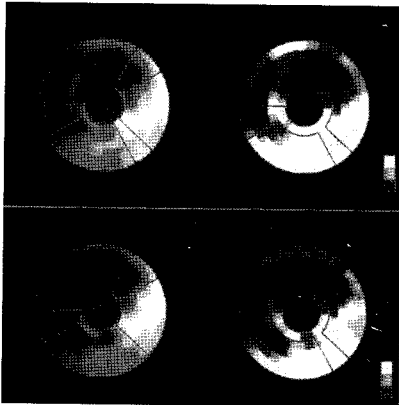


그림 III.2.5.2 PTQ's of Patient 1 with Mid-Apex Anterior Wall Defect

그림 III.2.5.1과 그림 III.2.5.2는 현재 임상에서 가장 널리 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step&shoot'과 팬텀실험 결과에 따른 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 공히 성적이 향상됨을 알 수가 있다.

② 사례 2

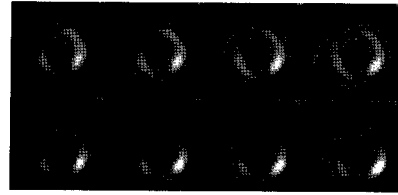


그림 III.2.5.3 Short-Axis Images of Patient 2 with Mid-Apex Anterior Wall Defect

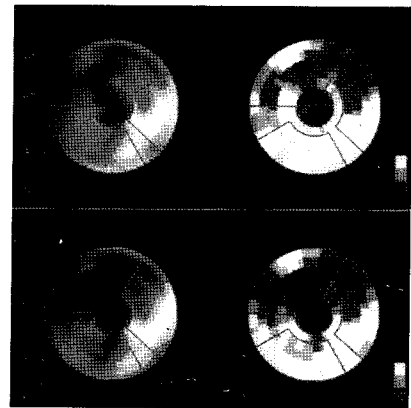


그림 III.2.5.4 PTQ's of Patient 2 with Mid-Apex Anterior Wall Defect

그림 III.2.5.3과 그림 III.2.5.4는 현재 임상에서 가장 널리 시행하는 심근관류 단층촬영술인 상단의 '360° rec non-circular step&shoot'과 팬텀실험 결과에 따른 하단의 '180° rec non-circular step&shoot'을 서로 비교해 놓은 것으로, 1차적으로 수집한 '360° rec non-circular step&shoot' 데이터를 팬텀실험 결과에 따라서 180°로 재구성함으로써 심근 영상과 PTQ에서 성적이 크게 향상됨을 알 수가 있다.

표 IV.2 Comparison of Uniformity for All Defect

### IV. 결 론

아래의 표 IV.1과 표 IV.2에 정리한 바와 같이 대조도의 경우 중간심첨 측부결손에서 360° 구성법(3.02%)이 우수한 것을 제외하고는 나머지 전 결손에서 180° 구성법(0.32~23.32%)이 우수하였으며, 상기의 결손에서 원형 획득법(2.45%)이 우수한 것을 제외하고 나머지 결손에서는 비원형 획득법(0.17~6.81%)이 우수하였다. 그리고 심저 측부, 하부, 중격 및 중간 심첨 중격 결손에서 계속적 획득법(0.03~2.53%)이, 나머지 결손 모두에서는 단계적 획득법(1.04~4.79%)이 우수하였다.

표 IV.1 Comparison of Contrast for All Defect

the difference between 360° rec and 180° rec (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
23.32	3.58	8.6	7.05	21.22	-3.02	11.95	0.32
the difference between Circular and Non-Circular (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
4.08	1.75	4.26	3.46	5.71	-2.45	6.82	0.32
the difference between Continuous and Step&shoot (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
1.04	-0.91	-0.03	-0.3	4.79	1.04	4.41	-2.53

균일도의 경우는 모든 결손에서 360° 구성법(2.23~9.67%)이 우수하였으며, 심저측부 및 중간심첨 측부와 하부에서는 비원형 획득법(0.18~0.89%)이, 나머지 결손에서는 원형 획득법(0.22~1.84%)이 우수하였다. 더하여 심저 및 중간 심첨의 전면과 하부에서 단계적 획득법(0.21~2.09%)이 우수하게, 나머지 결손에 대해서는 계속적 획득법(0.20~1.79%)이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

the difference between 360° rec and 180° rec (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
7.12	3.08	3.11	5.72	3.27	2.23	9.67	4.43
the difference between Circular and Non-Circular (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
1.15	-0.24	1.09	1.84	1.51	-0.89	-0.18	0.22
the difference between Continuous and Step&shoot (%)							
Basal Ant	Basal Lat	Basal Inf	Basal Sep	Mid-Apex Ant	Mid-Apex Lat	Mid-Apex Inf	Mid-Apex Sep
-2.09	-0.21	0.2	1.59	-1.37	-1.31	0.8	1.79

### V. 고 찰

본 연구의 기초가 되는 팬텀실험을 통하여 구한 각 결손에 대한 대부분의 대조도 및 균일도 결과는 PTQ와 일치하는 소견을 보이나, 단지 중간심첨 측부 결손만이 불일치 소견을 보인다. 뿐만 아니라 오히려 180° 재구성 방식보다 360° 재구성 방식에서 대조도가 우수한 결과를 보이는데 이에 대해서는 앞으로 보완적 실험과 합리적 해석이 추가되어야 할 것으로 본다. 그리고 임상 실험에 있어서 보다 많은 사례를 확보하지 못한 점과 정량적 분석의 시도가 이루어지지 못했다는 점도 하나의 과제라고 할 수 있다. 참고적으로 본 연구에서의 PTQ구성은 8가지의 데이터 수집 및 처리 방법간의 분석상의 오차를 방지하기 위해 "CEDARS", "MALE" 데이터베이스로 일원화하였음을 일러둔다. 그리고 본 연구의 결과를 테크네튬(technetium) 표지 방사성 의약품이 아닌 탈륨(thallium)이나 I-123 표지 의약품 등을 사용하는 심근관류 단층 촬영술에 적용하더라도 큰 차이는 없겠으나 그에 대해서는 실제로 검증이 이루어진 다음에 시행되기를 권하고 싶다.

## VI. 감 사

끝으로, 처음엔 상당한 난관이 있을 것으로 예측이 되었던 본 논제를 어느 정도 실용성 있는 임상 핵의학 의료 기술로서 정리하기까지 방사선 피폭을 무릅쓰고 일과 후의 존음을 아껴 함께 애써 준 본 검사실의 동료들에게 일차적으로 감사를 하며, 연구에 진척이 없을 때에 격려해 주고, 지름길로 인도해 주신 여러 선배 의료방사선사께 진심으로 감사를 표한다.

## 참 고 문 헌

1. 김 진의 등, VERTEX-EPIC Camera를 이용한 Myocardial SPECT의 소개, 대한핵의학기술연구학회지, Vol.7, No.1, 1997.
2. 조 시만 등, SPECT Study에서 Step&Shoot과 Continuous Acquisition의 ROC Curve 분석에 의한 해상도 비교 관찰, 대한핵의학기술연구학회지, Vol.6, No.1, 1995.
3. 조 규진, <sup>99m</sup>Tc-sestamibi를 이용한 심근스펙트 입력 방법에 따른 비교, 대한핵의학기술연구학회지, Vol.6, No.1, 1995.
4. 이 영희 등, 심장 SPECT에서 180° 와 360° Reconstruction 영상의 재구성에 의한 비교 분석, 대한핵의학기술학회지, Vol.3, No.1, 1998.
5. Masahisa Onoguchi, et al, How Precisely Do SPECT Images Reflect Tracer Uptake in Myocardial Infarction?, A Comparison of Thallium-201 and Technetium-99m Using a Myocardial Phantom, Journal of Nuclear Medicine Technology, Vol.26, No.4, Dec 1998.
6. Michael P. White, et al, Clinical Comparison of Circular versus Noncircular Acquisition Using Technetium-99m Myocardial Perfusion SPECT Imaging, Journal of Nuclear Medicine Technology, Vol.125, No.4, Mar 1997.
7. Raven Press, Ltd., Cardiac SPECT Imaging, p103~156, 1994.
8. The Society of Nuclear Medicine, Review of Nuclear Medicine Technology, Second Edition, p37~54, 1996.
9. The Society of Nuclear Medicine, SPECT Single Photon Emission Computed Tomography, A Primer Third Edition, p49~60, p134~151, 1995.
10. The Society of Nuclear Medicine, Fundamentals of Nuclear Medicine, 3rd Edition, p53~66, 1991.